



---

7<sup>mo</sup>  
Congreso de  
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM  
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

---

## APTITUD ENERGÉTICO-AMBIENTAL DE SECTORES URBANOS: CONOCER LA POTENCIALIDAD DE LA CIUDAD PARA DISMINUIR SU IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

**Energetic and environmental aptitude of urban sectors: realize the potential of the  
city to lessen their impact on the environment**

Graciela Melisa Viegas <sup>a\*</sup>, Gustavo Alberto San Juan <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), Universidad  
Nacional de La Plata, Calle 47 y 117, 1900 La Plata, Argentina, [iipac@fau.unlp.edu.ar](mailto:iipac@fau.unlp.edu.ar)

\*Autor para correspondencia: +54 221 423 6587 int 254-32. [gachiviegas@yahoo.com.ar](mailto:gachiviegas@yahoo.com.ar)

---

*Palabras clave: Mosaicos urbanos, Segmentación de imágenes, Impacto ambiental urbano.*

*Keywords: Urban mosaics, image segmentation, urban environmental impact.*

*Título abreviado: Aptitud energético ambiental de sectores urbanos*

## **ABSTRACT**

Urban planning is a tool that allows authorities to conduct a long-term vision for their municipalities, as it influences the future development of cities. Also it plays a key role in creating communities aimed at sustainability. In this regard, it should increase the use of prediction tools and evaluation of sustainability, in urban and built level.

City is composed of areas that have different land use, land occupation and coverage of energy services (urban consolidation). Within these, representative sectors called urban mosaics are studied to estimate the fitness of areas for the application of alternative energy systems and implementation of energy efficient use strategies. The MU, understood as a unit composed by different fractions that are its buildings, constitute an analyzable pattern, for application of tools mentioned above.

This paper aims to present a tool and procedures for gathering and quantifying urban mosaics, which establish the degree of energetic and environmental aptitude of urban areas to make more efficient use of energy and reduce its unsustainability.

The tools are based on objects detection (group of buildings) using techniques of image segmentation on satellite and aerial urban images, on two urban areas. It focuses on the following variables: i. Horizontal dissipation area ii. Constructive system of dissipation horizontal area; iii. Vertical dissipation perimeter; iv. Height of built-up area.

Related to energy and environmental fitness, it was observed that the medium consolidation urban mosaic has lower heat losses, makes greater use of buildable area, has less perimeter of vertical envelope, has high quality of envelope, and similar and reduced solar obstruction, respect of low consolidation urban mosaic. The methodology allowed reducing time required and evaluating the energy potential of areas.

## **RESUMEN**

La planificación urbana es una herramienta que permite a las autoridades llevar adelante una visión a largo plazo para sus municipios, ya que influye el desarrollo futuro de las ciudades. Juega un papel clave en la creación de comunidades tendientes a la sustentabilidad. En este sentido, se debe incrementar el uso de herramientas de predicción y evaluación de la sustentabilidad a nivel edilicio y urbano.

La ciudad se compone de áreas que presentan diferente uso, ocupación del suelo y cobertura de servicios energéticos (consolidación urbana). Dentro de ellas se estudian sectores reducidos representativos denominados mosaicos urbanos –MU- que permiten

estimar la aptitud de las áreas para la aplicación de sistemas energéticos alternativos e implementación de estrategias de uso eficiente de la energía. Los MU, entendidos como una unidad compuesta de fracciones diversas que son sus edificios, constituyen un patrón analizable, sobre el cual aplicar las herramientas previamente mencionadas.

El presente trabajo tiene por objetivo presentar una herramienta y los procedimientos para el relevamiento y cuantificación de mosaicos urbanos, con lo cual establecer el grado de aptitud energético-ambiental de las áreas urbanas para hacer un uso más eficiente de la energía y reducir su insustentabilidad.

Las herramientas se basan en la detección de objetos -conjuntos de edificios- aplicando técnicas de segmentación de imágenes urbanas aéreas y satelitales, sobre dos sectores urbanos. Se centra en las siguientes variables: i. Área de disipación horizontal; ii. Sistema constructivo del área de disipación horizontal; iii. Perímetro de disipación vertical; iv. Altura del área edificada.

Respecto a la aptitud energético-ambiental, se observó que el mosaico urbano de media consolidación, presenta menores pérdidas térmicas, hace un aprovechamiento del área edificable mayor, posee menor perímetro de envolvente vertical, mayor calidad de la envolvente, similar y reducida obstrucción solar, respecto del mosaico urbano de baja consolidación. La metodología permitió reducir los tiempos requeridos y evaluar las potencialidades energéticas de las áreas.

## **INTRODUCCIÓN**

En noviembre de 2011, como resultado de un crecimiento anual vertiginoso que se inició en 1950, la población mundial alcanzó los 7000 millones de habitantes. Junto con el crecimiento poblacional, las ciudades también lo hacen, y con ellas la demanda y oferta de energía así como también las emisiones producidas. Al año 2010, la Argentina tiene un 91.4% de población urbana sobre un total de 40091359 de habitantes (INDEC, 2010) y se espera que hacia el año 2050 alcance el 95.7% sobre un total de 51382000 de habitantes (UNPD, 2007).

El crecimiento de las ciudades produce un aumento de la complejidad de los sistemas urbanos a lo largo del tiempo. Este se consigue por una mayor explotación de los recursos naturales, entre ellos los energéticos no renovables, que incrementa la presión sobre el medio ambiente (Diputación de Barcelona, 2000).

A nivel mundial se reconoce que los edificios consumen aproximadamente la mitad de toda la energía no renovable utilizada por el hombre (Ruano, 2007). De acuerdo a datos oficiales, Argentina ha incrementando su producción edilicia de viviendas en un 20% en la última década (2000-2010) (INDEC, 2010) y se observa que al año 2010 los edificios del sector residencial consumen el 23% de la energía consumida total. Específicamente, el sector residencial es el mayor consumidor de gas natural por red (42% del GN total consumido), el segundo consumidor de energía eléctrica (30.3% de la EE total consumida) y el mayor consumidor de gas licuado (60% del GLP total consumido) (BEN, 2010). Estos consumos de energía fósil producen gases de efecto invernadero que aumentan el calentamiento global, considerado una de las tres amenazas de la seguridad humana del futuro (Cairns, 2008). De acuerdo a los consumos descritos, se calcula que la emisión de dióxido de carbono equivalente producida por vivienda en Argentina es de 2900 kg al año. Al respecto se producen reflexiones desde el ámbito científico sobre la necesidad de frenar nuestra adicción a los combustibles fósiles e ir reemplazándolos por energías alternativas (Cairns, 2008; Rodiek, 2009).

En función de este estado de situación, se reconoce la necesidad de desarrollar herramientas analíticas para entender y monitorear los patrones y procesos involucrados en el fenómeno de crecimiento de las ciudades y la producción de sus edificios y

cuantificar sus consecuencias energéticas y ambientales. A partir de éstas se puede diagnosticar, corregir y establecer lineamientos del futuro desarrollo urbano, consolidando la idea de un modelo más sostenible (Hasse & Lathrop, 2003; Poelmans & Rompaey, 2009). Este modelo implicará re-pensar la forma de ocupación de las nuevas edificaciones en el territorio y esforzarse por investigar las potencialidades del parque edilicio existente (Jones *et al.*, 2007; Verbeeck & Hens, 2005).

A nivel metodológico, Goulding *et al.* (1994) plantean que las metodologías adecuadas para determinar la potencialidad energética del entorno urbano -entendida como la capacidad del medio físico construido para la optimización y/o incorporación de energías no renovables por renovables- implican el análisis de tres niveles de integración: planificación urbana, morfología urbana y diseño de edificios. Existe un acotado desarrollo metodológico en las dos primeras escalas, de gran importancia porque aportan información para implementar una planificación urbana de la gestión energética y ambiental y permiten a los organismos de decisión actuar para el mejoramiento de la eficiencia energética. Asimismo se destaca que si el consumo de energía en los edificios depende de la geometría urbana, la mayoría de las investigaciones han descuidado la importancia de la misma, o se han focalizado en alguna de las escalas (urbana-edilicia-componente) detectándose la falta de integración de los resultados. Esto deviene en una visión parcial de las potencialidades de la ciudad. (Ratti *et al.*, 2005).

Sintetizando lo anterior, concluimos entonces que es el sector residencial un sector con significativa preponderancia para reducir el consumo de recursos no renovables y

reducir las emisiones. Nos preguntamos entonces, desde el ámbito urbano, cuál es la relación adecuada entre el hombre y el medio urbano que habita.

En este sentido este trabajo propone una metodología de análisis de mosaicos urbanos. Para entenderlos, se observa que la ciudad se compone de áreas que presentan diferente uso, ocupación del suelo y cobertura de servicios energéticos (consolidación urbana). Dentro de ellas se estudian sectores reducidos representativos denominados mosaicos urbanos –MU- que permiten estimar la aptitud de las áreas para la aplicación de sistemas energéticos alternativos e implementación de estrategias de uso eficiente de la energía. Los MU, entendidos como una unidad compuesta de fracciones diversas que son sus edificios, constituyen un patrón analizable (Viegas, 2010).

### **Conceptualización del mosaico urbano**

Los mosaicos urbanos son sectores urbanos característicos, representativos de áreas mayores. El concepto de mosaico puede definirse como “cualquier obra realizada con fracciones diversas”. Se han estudiado desde diferentes disciplinas como el arte, la ecología del paisaje, la sociología.

Con relación a la ciudad, el término se vio utilizado en la década del 70 desde la sociología urbana (Timms, 1976), planteando que la población se asemejaba más a un mosaico por la diversidad de sus áreas que a un fenómeno unitario. Mas adelante, la ecología del paisaje asoció el término al desarrollo de reflexiones sobre la planificación urbana actual, buscando dar respuestas ante el crecimiento urbano sin solución de continuidad (Forman 2004; Di Bernardo 1996; Diputación de Barcelona, 2000).

En esta dirección, Forman (2004) plantea un modelo de mosaico territorial para los sistemas naturales y la población y lo entiende como representación de paisaje, donde un grupo de ecosistemas locales se repite en forma similar e interactúa, generando una matriz reconocible en regiones extensas, donde el área es espacialmente heterogénea. Otros lo consideran una forma de ordenar el territorio y las actividades que se desarrollan en él y plantean que un mosaico territorial diverso, involucra distintos tipos de paisajes, como unidades componentes (Diputación de Barcelona, 2000). Di Bernardo (1996) utiliza el concepto de mosaico de naturaleza interconectada como una forma de recuperar el soporte natural en las áreas urbanas. Considera que la repetición del mosaico interconectado permitiría la discontinuidad ante la homogeneidad urbana, y se complementaría con los mosaicos de parques y los de jardines, obteniendo distintas escalas de verde urbano. Con concepción similar a Forman, Matteucci *et al.* (2004) estudia al mosaico como una configuración espacial compuesta por unidades de suelo de diferente contenido, dentro de las cuales, las áreas urbanas son internamente homogéneas, y solo diferencia dos clases de mosaicos: de paisaje urbano (U) y periurbano (PU). Se destaca en este antecedente, la posibilidad de formular hipótesis acerca de las interacciones funcionales entre los componentes y los procesos del mosaico, inferir las consecuencias de dicho patrón sobre la sustentabilidad regional, sugerir alternativas para solucionar los problemas y proponer estrategias de manejo de áreas.

En concordancia y profundizando sobre los conceptos, la presente investigación aporta al estudiarlo como un espacio urbano, lo que requiere profundizar en los aspectos morfológicos de la ciudad para determinar los distintos mosaicos presentes. La

disposición, caracterización, forma y ocupación de sus componentes sobre el territorio conforman un tipo de mosaico. Los componentes principales son unidades edilicias asociadas a tipologías de edificio conocidas, que se ordenan en parcelas. Varias de ellas conformaran una manzana urbana y éstas se asocian entre sí a partir de los espacios públicos de las calles, veredas y vacíos con una distancia determinada por el tipo de MU (ver Figura 1).



**Figura 1.** El mosaico urbano: representación real. Imagen satelital y composición de fachadas.

**Figure 1.** The urban mosaic: real representation. Satellite image and facades composition.

En relación a la instrumentación para el análisis de los mosaicos (de paisaje y urbanos) se observa que a partir de la incorporación de la fotografía satelital, aérea y el uso de los sistemas de información geográfica, es posible realizar comparaciones y elaborar índices para su estudio en forma automática, simplificando el trabajo de relevamiento visual in situ. Las técnicas digitales nos permiten incorporar el análisis de la morfología como un patrón que caracteriza a cada MU, obtenido a partir de la interpretación de objetos en imágenes.



## **METODOLOGÍA**

### **Variables de análisis**

Para este análisis interesan las variables que describen la morfología urbana, ya que de acuerdo a los diferentes tejidos urbanos, su localización y orientación, se presenta cierto grado de flexibilidad para la aplicación de medidas de mejoramiento energético-ambiental. El mosaico involucra la extensión necesaria para estudiar la morfología urbana, evaluar el acceso a la energía solar como fuente potencial gratuita, el aprovechamiento de la misma para producir calor y la eficiencia energética del sistema edilicio. Pero también permitiría evaluar otro tipo de intervenciones que involucren a los sectores urbanos, sus edificios y su población, como por ejemplo, la gestión del agua, los desechos domiciliarios, cuantificaciones constructivas, etc.

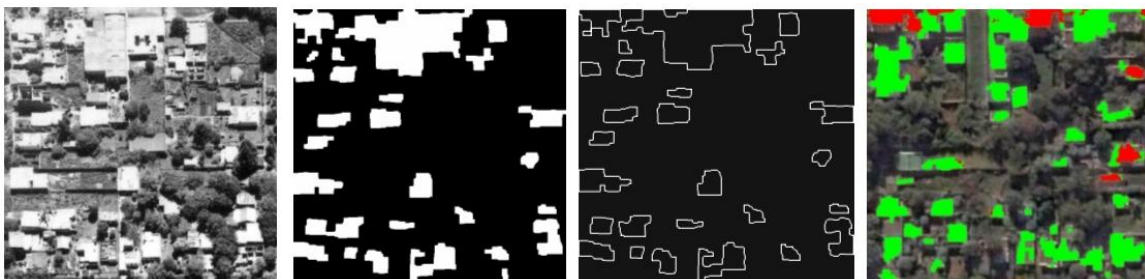
Para este trabajo, se analizaron las siguientes variables que se utilizan para calcular la aptitud energético-ambiental de un sector urbano:

- i. Delimitación y medición del área edificada y el área vacante del mosaico urbano obteniendo el área de disipación horizontal –ADH-.
- ii. Clasificación del área de disipación horizontal según su color obteniendo el sistema constructivo del área de disipación horizontal- techos (tejas, losa de hormigón armado, chapa metálica) –SCADH-.
- iii. Delimitación y medición del contorno del área edificada, obteniéndose el perímetro de disipación vertical –PDV-.
- iv. Delimitación de las sombras de los edificios para conocer la altura del área edificada –AAE-.

## Herramientas para procesar las variables

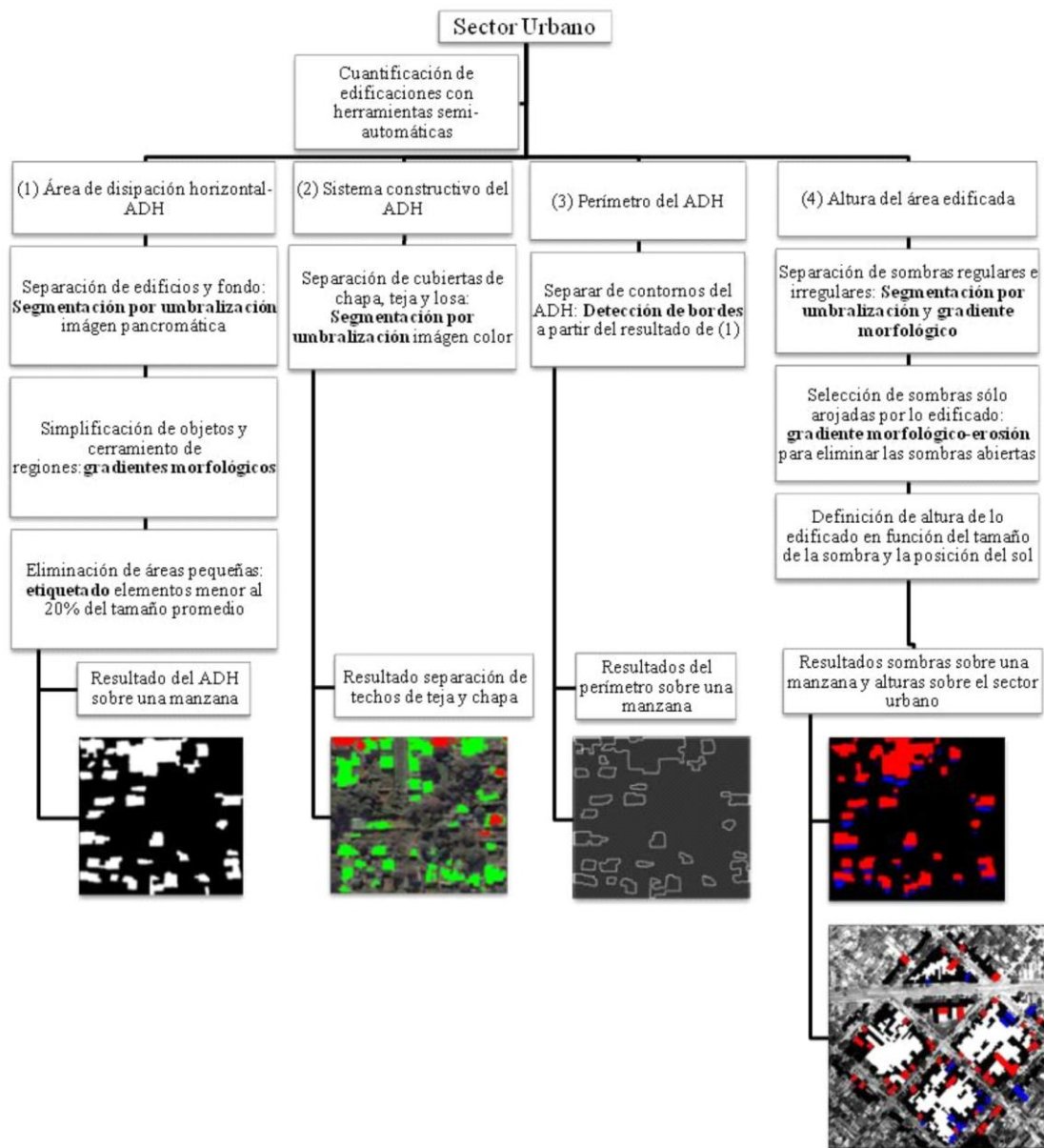
Para procesar las variables se utilizaron técnicas de segmentación aplicadas sobre imágenes urbanas (aéreas o satelitales de libre acceso). Estas técnicas son consideradas un procedimiento “automático parametrizado”, debido a que el usuario aporta datos previos y/o posteriores a la segmentación, la cual se realiza automáticamente. Consiste en dividir las imágenes en regiones con el propósito de separar las partes de interés del resto, simplificándola para facilitar la tarea del operador. En primer lugar la imagen es segmentada para luego extraer las características de los objetos (área, perímetro, etc.). Se aplican a la determinación de superficies y volúmenes, la reconstrucción tridimensional, el diagnóstico automático y la reducción de información en transmisión y almacenamiento (DFyMF, 2008).

Estos procedimientos mejoran la velocidad de la adquisición de los datos y minimizan la intervención del operador, obteniéndose prácticamente la totalidad de la información requerida para el relevamiento de un MU. En la Figura 2 se observa un ejemplo de procesamiento sobre una manzana urbana. En la Figura 3 se observa un diagrama de flujos que describe las técnicas aplicadas para cada variable.



**Figura 2.** Procedimiento semi-automático sobre una imagen urbana, delimitación de área horizontal, perímetro y evaluación de las características de la superficie.

**Figure 2.** Semi-automated procedure of an urban image, definition of horizontal area, perimeter and evaluation of surface characteristics.



**Figura 3.** Diagrama de flujos indicando los requerimientos para procesar los mosaicos urbanos, las diferentes técnicas semi-automáticas aplicadas y los resultados gráficos obtenidos sobre una manzana del sector del análisis.

**Figure 3.** Flowchart showing the processing requirements for urban mosaic, different semi-automatic techniques applied and results obtained on a block of the analysis sector.

## Indicadores de aptitud energético-ambiental de sectores urbanos

A partir de las variables se puede calcular la aptitud energético-ambiental de un sector urbano y evaluar o comparar distintos tipos de conformaciones de tejido de la ciudad en función de mejor desempeño energético o de potencial energético. Para ello se utilizan modelos ad hoc en función de estándares, normativas y estimaciones existentes.

Hasta el momento se trabajó con 6 indicadores de AEA, los tres primeros relacionados a las pérdidas de energía, los tres restantes a las potenciales ganancias solares: i. Aprovechamiento de la superficie edificable (ASE); ii. Envoltente expuesta del volumen edificado (EEVE); iii. Pérdidas de energía por techos, por m<sup>2</sup> construido/ período invernal invierno (PET); iv. Acceso solar, o incidencia en fachadas (ASF); v. Acceso solar, o incidencia en techos (AST); vi. Ganancia solar, por ventanas por m<sup>2</sup> construido / período invernal invierno (GSV).

Los indicadores de pérdidas de energía se calculan de la siguiente manera:

- Aprovechamiento de la superficie edificable (ASE): Indica la proporción de suelo ocupado con edificación.

$$ASE = \text{área edificada (m}^2\text{)} / \text{área edificable (m}^2\text{)}$$

- Envoltente expuesta del volumen edificado (EEVE): indica a mayor valor, más pérdidas térmicas, debido a que hay más envoltente expuesta al exterior en relación al volumen construido.

$$EEVE = \text{envoltente expuesta (m}^2\text{)} / \text{volumen edificado (m}^3\text{)}$$

- Pérdidas de energía por techos por m<sup>2</sup>/invierno (PET): producto del ADH por un coeficiente de transmitancia térmica promedio (en W.m<sup>2</sup> °C) de los cerramientos que

componen dicha superficie detectados en el SCADH. Indica las pérdidas por m<sup>2</sup> construido.

$PET$  (kW m<sup>2</sup> invierno) = (superficie expuesta (m<sup>2</sup>) \* coeficiente de pérdidas (kW.m<sup>2</sup> °C) \* GD invierno (°C))/ superficie edificada (m<sup>2</sup>).

Los indicadores de ganancia solar se calculan de la siguiente manera:

- Acceso solar en fachadas (ASF): contabiliza las superficies de fachadas noreste y noroeste, frente y contrafrente de las manzanas de cada MU, que se encuentran asoleadas, y se las compara con las áreas totales de cada MU.

$ASF$  = fachada asoleada / fachada total x 100

- Acceso solar en techos (AST): contabiliza la superficie horizontal que se encuentra asoleada, y se las compara con las áreas totales de cada MU.

$AST$  = superficie de techos asoleada / superficie de techos total x 100.

- Ganancia solar por ventanas por m<sup>2</sup>/invierno (GSV): superficie asoleada por porcentaje de aventanamientos por radiación solar que ingresa a través de ventanas de vidrio simple.

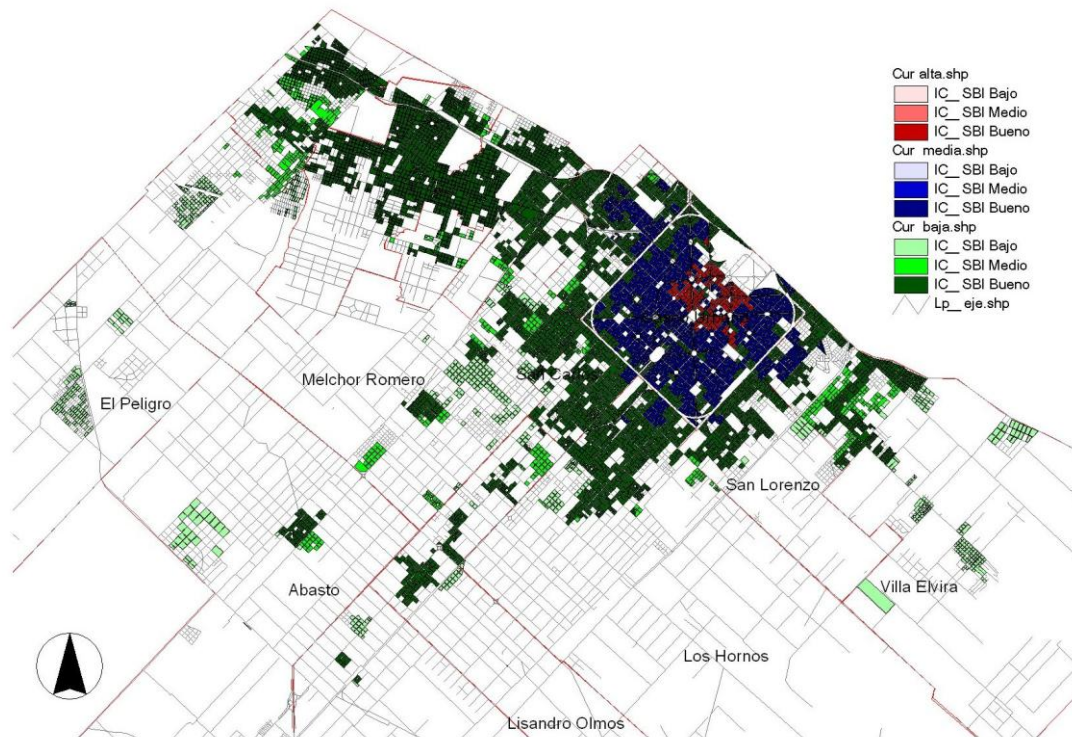
$GSV$  (kW m<sup>2</sup> invierno) = energía ganada por ventanas (kWh)/ superficie edificada (m<sup>2</sup>)

### **Unidad de análisis**

Para demostrar la utilidad de la metodología se trabajó sobre dos mosaicos urbanos del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Este partido se ubica en el Noreste de la provincia de Buenos Aires, situado a 60 Km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a  $-34^{\circ} 55'$  de latitud (Sur) y a  $-57^{\circ} 17'$  de longitud (Oeste). Ocupa una superficie de 821 Km<sup>2</sup>. La altura sobre el nivel del mar oscila entre los 0 y 15 metros y se caracteriza por la situación geomorfológica de llanura (pampeana). Su clima es templado húmedo (Hurtado *et al.*, 2006). La ciudad de La Plata fue fundada en el año 1882 como capital de la provincia y construida según el trazado del Ing. Urbanista Pedro Benoit. Se materializó como reflejo del urbanismo de finales del siglo XIX, por lo que su diseño presenta amplitud de sus calles y las avenidas anchas cuentan con importante arbolado, lo que aseguraba comodidad, ventilación e higiene (De Paula, 1987).

Se seleccionaron dos sectores del área urbanizada. Ambos presentan similitudes en cuanto a: uso de suelo (principalmente residencial), trazado urbano regular (parcelas de 10 m de frente) y su orientación (NE-SO). Las diferencias se encuentran en la compacidad del tejido urbano (el grado de compacidad indica el predominio de los volúmenes construidos sobre los libres), que se ve representado por la consolidación urbana (ver Figura 4). De dicha clasificación se calculó que las áreas de consolidación media representan el 17.30% (1332 ha) de la extensión del área urbana del partido de La Plata con 154091 habitantes (116 habitantes por ha.). Mientras que las áreas de baja consolidación representan el 80.49% del total (6196 ha) con una población de 377107 habitantes (65 habitantes por ha.). No se considera la alta consolidación, que representa aproximadamente el 2.2% de la extensión territorial. Este primer diagnóstico demuestra la característica dispersa del tejido de la mayor cantidad de áreas en la ciudad.



**Figura 4.** Partido de La Plata, sectorizado según la consolidación urbana (CUR). La misma concentra las variables: cantidad de viviendas por lote y existencia de servicios básicos de infraestructura, en específico gas natural. Delimitación de las áreas urbanas a analizar. Referencias. Cur baja, media y alta: consolidación urbana residencial baja, media y alta.

**Figure 4.** Municipality of La Plata subdivided according to urban consolidation (CUR). It concentrates the variables: number of dwellings per lot and existence of basic infrastructure services, specifically natural gas. Delimitation of urban areas to analyze. References: Cur baja, media y alta: residential urban consolidation low, medium and high.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa el resultado de las variables calculadas y aquellas resultantes de la cuantificación a partir de volumetría del sector urbano (ADH, SCADH, PDV, volumen, superficie de fachadas). En la Figura 5 se observa la volumetría.

**Tabla 1.** Cálculo de las variables de interés en dos mosaicos urbanos.

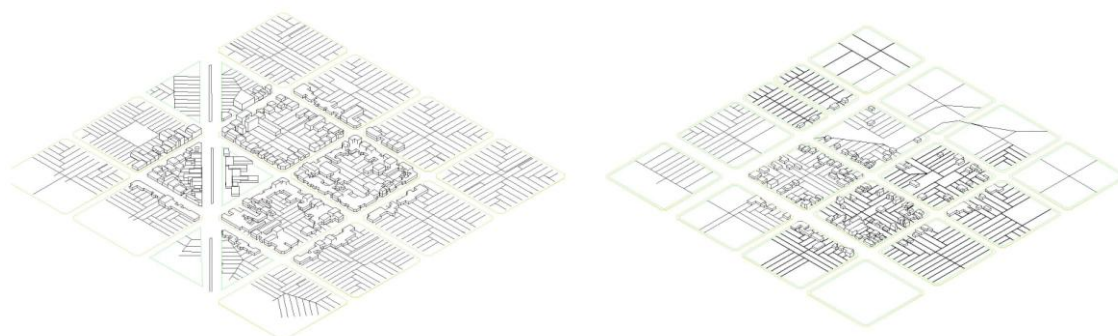
**Table 1.** Variables of interest calculated in two urban mosaic.

	<i>MU1</i> <i>media consolidación</i>	<i>MU2</i> <i>baja consolidación</i>
ADH (m <sup>2</sup> )	23947.0	7599.0
SCADH: Chapa (m <sup>2</sup> )	7184.1	3419.5
SCADH: Losa	5627.5	2636.8
SCADH: Teja	3592.0	721.9
SCADH: Otros <sup>(1)</sup>	7543.3	820.7
PDV (m)	5662.0	3926.0
AAE promedio (m)	5.27	4.13
Volumen (m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	119337.0	34566.0
Superficie de fachadas (m) <sup>(3)</sup>	29815.27	16232.88
Fachadas NE y NO (m)	6850	3300

<sup>(1)</sup> Se refiere a galpones y tinglados, desestimados en este estudio.

<sup>(2)</sup> Se presenta el volumen como resultado del ADH x AAE.

<sup>(3)</sup> Se calcula a partir de AAE y PDV, o se extrae de la volumetría.



**Figura 5.** Volumetría de los sectores, obtenida del ADH por la AAE.

**Figure 5.** Volumetry of sectors obtained by the product of ADH per EPA



A partir de los resultados en Tabla 1, la Tabla 2 muestra los cálculos de los indicadores de AEA. Se observan para las dos áreas.

**Tabla 2.** Resultados de los indicadores de AEA en dos mosaicos urbanos.

**Table 2.** Results of the indicators of AEA in two urban mosaics.

<i>Aptitud Energético Ambiental</i>	<i>MU1</i>	<i>MU2</i>
	<i>Baja cons.</i>	<i>Alta cons.</i>
<i>De Pérdidas</i>		
ASE- Aprovechamiento superficie edificable <sup>(1)</sup> . (adim.)	0.42	0.13
EEVE- Envoltente expuesta volumen edificado (adim.)	0.45	0.69
PET- Pérdida energía techos. <sup>(2)</sup> (kWh.m <sup>2</sup> invierno)	1.90	2.67
<i>De Ganancias</i>		
ASF- Acceso solar fachadas. <sup>(3)</sup> (%)	89.00	97.00
AST- Acceso solar techos <sup>(4)</sup> (%)	85.00	97.00
GSV- Ganancia solar- ventanas <sup>(5)</sup> (kWh.m <sup>2</sup> invierno)	4.73	7.63

<sup>(1)</sup> Área edificable: 57,600 m<sup>2</sup> (MU1); 60,766 m<sup>2</sup> (MU2).

<sup>(2)</sup> Coeficiente de transmitancia térmica aplicado (K: kW.m<sup>2</sup> °C): 0.00099 kW.m<sup>2</sup> °C (chapa); 0.00382 kW.m<sup>2</sup> °C (losa hormigón armado); 0.0008 kW.m<sup>2</sup> °C (teja). Grados día de calefacción: 1448.

<sup>(3)</sup> Con la volumetría obtenida se calculan las fachadas potencialmente colectoras solares (orientadas NE y NO) y el asoleamiento que reciben para el día crítico de invierno (solsticio). Este día se utiliza como base para calcular todo el período invernal (junio, julio, agosto).

<sup>(4)</sup> Con la volumetría se calcula la superficie horizontal asoleada para el día crítico de invierno (solsticio). Área horizontal asoleada: 20,354.95 m<sup>2</sup> (MU1); 7,219.05 m<sup>2</sup> (MU2).

<sup>(5)</sup> La energía recibida a través de ventanas es de 2.12 kW.m<sup>2</sup> promedio diario para el día crítico de invierno. En la región de estudio el 65% de los días de invierno (60 días) tienen esta ganancia solar, el resto es muy bajo. Se considera que el 15% de las fachadas NE y NO poseen ventanas.

De los indicadores de AEA previos aplicados a los dos sectores de estudio se puede observar que:

- El mosaico de consolidación media tiene un indicador ASE mayor (0.41) respecto al otro mosaico (0.12). Significa que hace un uso más intensivo del suelo edificable.
- El mosaico de consolidación media tiene menor indicador EEVE (0.45) respecto al otro mosaico (0.69), lo que significa menores pérdidas por envoltente.

- El mosaico de consolidación media tiene menores pérdidas por techos (1.90 kW.m<sup>2</sup> invierno) respecto al otro mosaico (2.67 kW.m<sup>2</sup> invierno). Esto demuestra que tiene mejor calidad térmica de los sistemas constructivos de los techos.
- Ambos mosaicos presentan similares valores en los indicadores ASF y AST (entre 85% y 97%) lo que significa que el grado de obstrucción solar debido a la sombra propia de los edificios es muy poco significativo en ambos.
- El mosaico de consolidación media tiene menor indicador de GSV (4.73 kW.m<sup>2</sup> invierno) respecto al mosaico de baja consolidación (7.63 kW.m<sup>2</sup> invierno). Esto demuestra que las superficies de fachadas potencialmente colectoras son proporcionalmente mayores en el mosaico de baja consolidación.

A modo de síntesis y relacionando los indicadores de pérdidas con los de ganancias podemos concluir que:

- Las áreas urbanas que son representadas por el mosaico de consolidación media presentan (respecto a las representadas por el mosaico de baja consolidación) mejor aprovechamiento del área edificable, menor área de envolvente expuesta, menores pérdidas de energía por techos, similares porcentajes de obstrucción solar en fachadas y techos y poco significativamente menor ganancia solar por ventanas.
- Esto significa que tienen una mejor aptitud energético- ambiental para el aprovechamiento de las energías renovables.
- Por último, considerando la extensión poblacional y territorial de las áreas estudiadas, es posible concluir que el 17% del total territorial del partido de La Plata (que aloja el 27% de la población), presenta mejores indicadores de aptitud energético- ambiental. Asimismo, podríamos decir que aproximadamente el 80% de la extensión territorial tiene una conformación de menor aptitud energética, aunque es de destacar que tienen mejores potencialidades para ganar energía debido a su baja densidad.

## CONCLUSIONES

Los desarrollos expuestos demuestran que los procedimientos de interpretación de objetos en forma semi-automática resultan adecuados para los requerimientos que presentan los MU.

Han permitido simplificar el relevamiento urbano, minimizar el trabajo de campo, y reducir el tiempo del operador. Contribuyen significativamente al mejoramiento de la eficiencia de la interpretación de áreas urbanas, combinando velocidad de medición con la habilidad de interpretación del operador.

La aplicación de la técnica de procesamiento de MU utilizada permitió conocer las características de ambos MU y realizar con dicha información la modelización espacial, la síntesis formal y cuantitativa de sus variables, para calcular los indicadores de AEA.

Mediante esta propuesta metodología es posible evaluar diferentes áreas para mejorar sus condiciones energético-ambientales y conocer aquellas conformaciones residenciales más apropiadas para tender hacia modelos de ocupación del territorio más sustentables.

Asimismo permite plantear medidas que tiendan a mejorar la gestión energética en la ciudad, de acuerdo a las potencialidades de cada sector.

Con respecto a la elaboración de los indicadores, pudimos concluir que nos han permitido establecer las diferencias entre ambos sectores, y elaborar conclusiones para su mejoramiento.

A partir de ellos se puede estudiar más sectores con la misma metodología, profundizando en el conocimiento de un área compleja y extensa como es el sector residencial de la ciudad.

Asimismo, se pueden incorporar otros indicadores más específicos como por ejemplo: de pérdidas de energía por el resto de los cerramientos; de ganancia a partir de otras fuentes de producción de energía como muros acumuladores de calor, o sistemas fotovoltaicos, entre otros. Los mismos serán estudiados para futuras aplicaciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

La presente investigación fue parcialmente financiada por el CONICET.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BEN (Balance energético nacional). 2010.  
<http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- BEN (Balance energético nacional). 2007. Serie 1960-2007. Versión preliminar del año 2007. Argentina.
- Cairns Junior J. 2008. Preparing for the Post-Industrial Age. *Asian Journal of Experimental Science*, 22 (1): 13-24

- De Paula ASJ. 1987. *La Ciudad de La Plata, sus tierras y su arquitectura*. Ediciones del Banco de la Provincia de Buenos Aires, La Plata
- DFyMF (Departamento de física matemática y fluidos). Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Educación a Distancia. Cursos. Segmentación 1 y Segmentación 3.  
[http://dfmf.uned.es/actividades/no\\_reglada/laboratorio/Segmentacion1.html](http://dfmf.uned.es/actividades/no_reglada/laboratorio/Segmentacion1.html).
- Di Bernardo ER. 1996. Mosaico Interconectado de Naturaleza: una manera de restituir la dimensión natural en las áreas metropolitanas. *Revista A&P*, Rosario, Argentina, 11: 4- 7
- Diputación De Barcelona. 1996. *Sistema Municipal de Indicadores de Sostenibilidad*. Barcelona: Diputació de Barcelona, España
- Forman RTT. 2004. *Mosaico Territorial para la Región Metropolitana de Barcelona*. Gustavo Gili, España
- Goulding J R, Lewis O J & Steemers TC. 1994. *Energy in Architecture: the european passive solar handbook*. Batsford for the Commission of the European Communities, Londres
- Hasse J& Lathrop R. 2003. Land Resource Impact Indicators of Urban Sprawl. *Applied Geography*, 23(2/3): 159-175
- Hurtado M, Gimenez J & Cabral M. 2006. *Análisis Ambiental del Partido de La Plata: Aportes al Ordenamiento Territorial*. Instituto de Geomorfología y Suelos. Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de uso agropecuario – CISAGUA-. Municipalidad de La Plata, 1º Edición, Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires: 134 p
- INDEC (Instituto nacional de estadísticas y censos). 2010. Argentina
- <http://www.indec.gov.ar.html>.

- Jones P, Patterson J & Lannon S. 2007. Modelling the Built Environment at an Urban Scale: energy and health impacts in relation to housing. *Landscape and Urban Planning*, 83 (1): 39-49
- Matteucci SD, Morello J, Rodriguez AF & Mendoza NE. 2004. *El Alto Paraná Encajonado argentino-paraguayo: Mosaicos de paisaje y conservación regional*. Ediciones FADU, UBA. 1º edición. Buenos Aires: 160 p
- Poelmans L & Rompaey A. 2009. Detecting and Modelling Spatial Patterns of Urban Sprawl in Highly Fragmented Areas: a case study in the Flanders–Brussels region. *Landscape and Urban Planning*, 93(1): 10-19
- Ratti C, Baker N & Steemers K. 2005. Energy Consumption and Urban Texture. *Energy and Buildings*, 37(7): 762-776
- Rodiek J. Landscape and Urban Planning Cover for 2009. *Landscape and Urban Planning*, 89 (1/2): 1-2
- Ruano M. 2007. *Eco-urbanismo, Entornos Humanos Sostenibles: 60 proyectos*. 2a ed. Gustavo Gili, Madrid
- Timms D. 1976. *El mosaico Urbano: hacia una teoría de la diferenciación residencial*. Editorial IEAL, Madrid
- United Nations Population Division. 2007. UNPD. World Urbanization Prospects: the 2007 revision, New York  
<http://esa.un.org/unup/p2k0data.asp.html>.
- Verbeeck G & Hens H. 2005. Energy Savings in Retrofitted Dwellings: economically viable? *Energy and Buildings*, 37(5): 747-754

- Viegas G. 2010. *Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio*. Tesis Doctorado en Ciencias-área energías renovables de la Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina: 274 p